



VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA DO RIO PARANAPANEMA - 1999-2000 A 2009-2010¹

RAIFALL VARIABILITY ON THE SLOPE OF PARANAPANEMA RIVER BASIN, PARANÁ STATE - 1999-2000 TO 2009-2010

Vinicius Carmello

*Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente
Presidente Prudente, SP
e-mail: viniciuscarmello@gmail.com*

João Lima Sant'Anna Neto

*Professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente
Presidente Prudente, SP
e-mail: joaolima@fct.unesp.br*

Recebido em: 12/12/2013

Aceito em: 15/12/2014

Resumo

Os investimentos no campo vêm sendo ampliados ao longo das últimas décadas, sobretudo pela justificativa de se minimizar as repercussões, ditas “naturais”, no território agrícola ocupado. O objetivo deste artigo é analisar a variabilidade das chuvas na vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema em período de safra de soja (outubro – abril). Para tanto, foram aplicadas duas técnicas estatísticas: *Mann-Kendall* e Percentil, com o intuito de estudar a tendência e a variabilidade dos totais anuais de chuva da série histórica entre os anos 1999-2000 a 2009-2010. Para isso utilizou-se dados de precipitação de 89 postos pluviométricos administrados pelo Instituto das Águas do Paraná. Ademais, definiram-se períodos extremamente secos, secos, habituais, chuvosos e extremamente chuvosos, representados em um painel tempo-espacial. Quanto ao teste de Mann-Kendall: 13 postos pluviométricos

¹ FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – Processo: 2011/03087-4.

apresentaram tendência positiva de aumento das chuvas. No que se refere aos resultados mais expressivos relacionados à variabilidade da chuva anual acumulada, concluiu-se que o ano agrícola de 1999–2000 foi definido como padrão seco, em contraposição ao ano agrícola chuvoso de 2009–2010. Os valores de produtividade de soja utilizados para medir o impacto desses períodos extremos também evidenciam variações em resposta aos registros pluviométricos de cada ano.

Palavras-chave: clima, precipitação, agricultura, soja, Paraná, impacto.

Abstract

Investments in agriculture have been expanded during the past decades, especially to minimize the impact, said "natural" in the agricultural territory occupied. This paper aims to analyze the rainfall variability in the slope of Paranapanema river basin, Paraná state during the soybean crop (October-April). To target this, two statistical techniques were applied: Mann-Kendall and Percentile, to analyze the trend and the total annual rainfall variability between: 1999-2000 to 2009-2010. Are used precipitation data from 89 stations administered by *Instituto das Água do Paraná* and was defined extremely dry, dry, normal, rainy and extremely rainy periods, represented in a panel "time-space". The Mann-Kendall test showed 13 stations with positive trend of increased rainfall. Regarding related to variability in annual rainfall accumulated more significant results, it was concluded that the agricultural year 1999-2000 was defined as dry pattern, in contrast to the rainy year 2009-2010. The soybeans data presented to measure these extreme periods impacts also fluctuated in relation to precipitation for each year.

Keywords: climate, rainfall, agriculture, soybean, Paraná, impact.

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade das chuvas em períodos de safra agrícola define, em grande parte dos casos, os resultados finais dos registros de produtividade agrícola. Os investimentos no campo têm sido cada vez mais ampliados ao longo das últimas décadas, tanto por parte dos setores públicos quanto dos privados, buscando a melhoria da técnica e dos manejos agrícolas com vistas à maior produtividade da soja. As políticas públicas vêm na forma de investimento com a intenção de identificar estratégias associadas ao zoneamento climático, melhoramento genético, manejo e irrigação (Farias *et al*, 2001, 2006 e 2008).

Porém, estes investimentos com vistas ao desenvolvimento agrícola são contraditórios, já que existem diferentes estruturas de estabelecimentos produtores

de soja, com o predomínio dos grandes latifúndios e são estes que possuem maior acesso à tecnologia tornando-os menos suscetíveis. Isso é reflexo das relações desiguais no campo.

Embora existam investimentos voltados para mitigar os efeitos da instabilidade das chuvas no meio rural, a produção agrícola ainda possui uma dependência muito significativa. O tempo e o clima correspondem por 60% a 70% da dificuldade que o homem possui para controlar as atividades no campo, conforme ilustração a seguir.

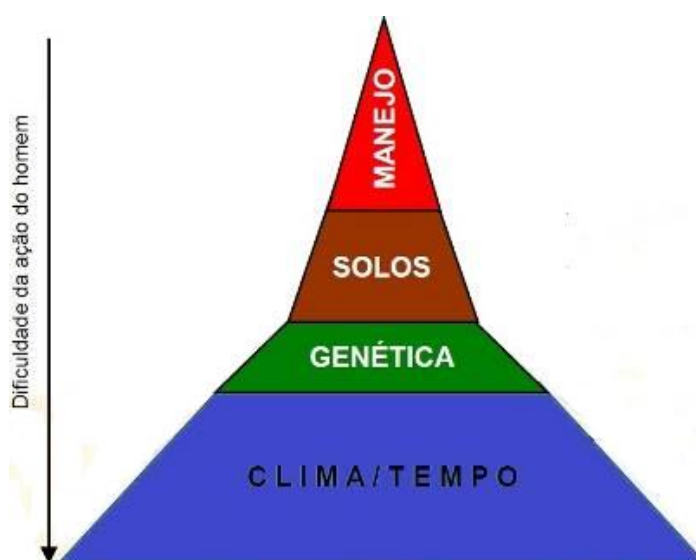


Figura 1: Causas da variabilidade anual da produção agrícola.
Fonte: (ORTOLANI, 1995 *apud* ROLIM, 2008).

Nesse contexto, o objetivo deste artigo é analisar a variabilidade das chuvas na vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema em período de safra de soja (outubro – abril). Para tanto, foram aplicadas duas técnicas estatísticas: Mann-Kendall e Percentil.

A intenção foi verificar a tendência e a variabilidade dos totais anuais de chuva da série histórica entre 1999-2000 a 2009-2010.

O estudo da tendência e da variabilidade interanual dos totais anuais de chuva em uma região onde a agricultura possui forte representatividade é justificada pela necessidade de se compreender a dinâmica dos fenômenos atmosféricos,

considerados extremos, e o reflexo/relação desses períodos com a instabilidade anual da produtividade de grãos.

1.1. Área de estudo

O estado do Paraná possui forte representatividade no que se refere à produção e comercialização de grãos na balança comercial brasileira. A vertente Paranaense da bacia do rio Paranapanema está inserida nesse contexto, onde se encontram municípios importantes nas regiões norte e central do estado, como Londrina, Maringá, Castro, Paranavaí e Ponta Grossa.

Porém, há regiões, por exemplo, a noroeste, em que a realidade no campo é diferenciada pelo perfil das propriedades e dos agricultores, citando o caso de Loanda e Querência do Norte (em que há a presença da pequena propriedade e de assentamentos rurais).

A vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema possui 54.500 km² e 132 municípios inseridos total ou parcialmente em seus limites, constituindo a área de atuação de sete unidades hidrográficas (Alto Tibagi, Baixo Tibagi, Itararé, Cinzas, Paranapanema I e II, Pirapó e Paranapanema III e IV).

O relevo dessa região do Paraná varia entre 223m e 1356m (FIG. 2). Essa região do Brasil apresenta características climáticas de transição entre o clima tropical e o subtropical.

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L.
**VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA DO RIO
PARANAPANEMA - 1999-2000 A 2009-2010**

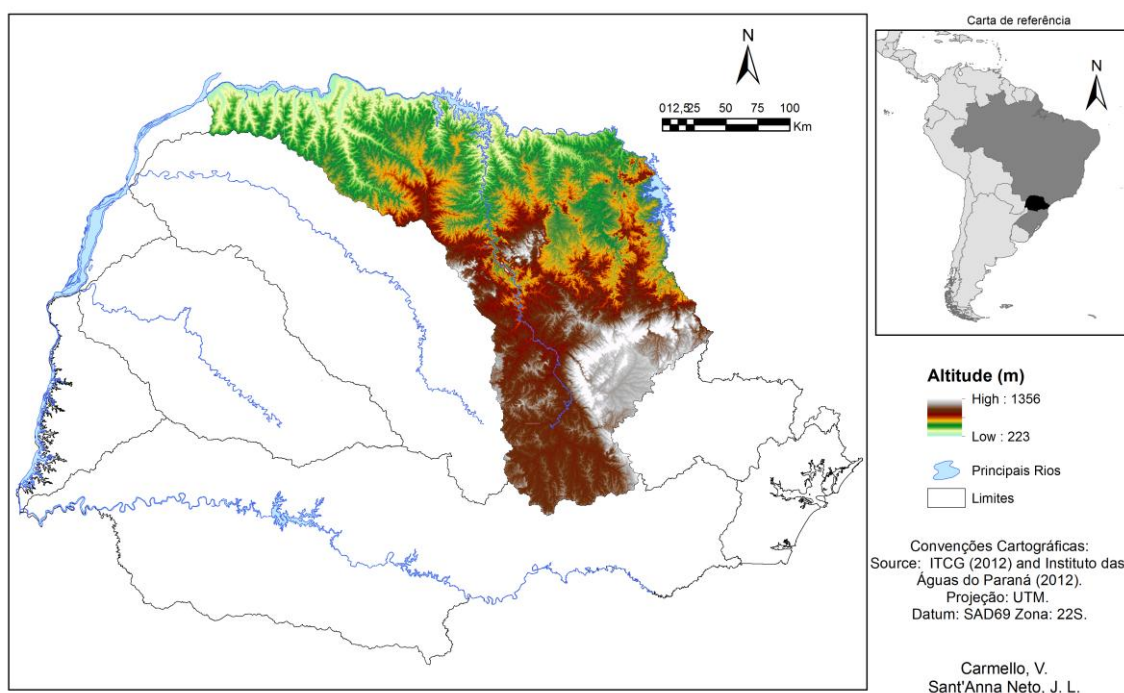


Figura 2: Localização geográfica da vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema.
Fonte: Carmello (2013).

2. A VARIABILIDADE DAS CHUVAS E O RISCO AGRÍCOLA: TEORIAS CORRELATAS ENTRE O CLIMA E A AGRICULTURA PARA COMPREENDER AS REPERCUSSÕES CLIMÁTICAS

Nos estudos sobre a influência das chuvas e a obtenção de água pelas plantas, é necessário considerar a questão do regime da precipitação, que é variável no tempo e no espaço. Para tanto, considera-se que a variabilidade é a alteração de curto prazo nas características climáticas, sem que haja mudança do clima (CHRISTOFOLETTI, 1989).

A variabilidade é, conforme Conti (2005), produto tanto do espaço quanto do tempo. Uma vez que envolve a atmosfera, oceano, superfícies sólidas, neve, gelo, etc., e sua atuação nunca é igual de um ano para o outro, nem de década em décadas, pois são verificadas flutuações em curto, médio e longo prazo.

Para Sant'Anna Neto e Zavattini (2000), elas são flutuações climáticas que dependendo da escala temporal podem caracterizar uma mudança climática ou

apenas uma variabilidade - ciclos periódicos que tendem a se repetir de tempos em tempos.

Essas flutuações contínuas, associadas, em sua maioria, a mecanismos distintos de produção da precipitação, interferem diretamente no papel das chuvas na obtenção de água pelas plantas. Tais variações nos padrões de precipitação desencadeiam períodos ora de baixa, ora de alta pluviosidade, além de ocasionarem períodos curtos, médios e longos de estiagem. Essas alternâncias catalisam e estão relacionadas, também, à formação de geadas, de veranicos, etc.

Nunes e Lombardo (1995) buscaram discutir a questão da variabilidade por meio de diversos artigos que, de diferentes formas, estavam voltados para essa temática, porém, à luz de distintos propósitos, técnicas e áreas de abrangência. Nessa pesquisa, os autores averiguaram que não há consenso quanto à questão e que leve a um conhecimento amplo desse objeto.

Entretanto, a proposta está dada para que pesquisas possam ser elaboradas nas mais distintas interpretações que os estudos climatológicos, dentro da Geografia, permitem. Partirá do sujeito (pesquisador) lidar com tais distinções, contribuindo para uma estrutura que não necessariamente venha a ser trivial, mas sim, dentro dos limites esperados, levem em consideração seus reflexos nas diversas atividades humanas.

Assim, é importante compreender o papel que a variabilidade, neste caso, das chuvas, possui dentro do universo agrícola. Suas repercussões estão presentes desde o manejo, para iniciar o plantio, até o transporte e a comercialização do alimento, podendo, conforme sua magnitude, desencadear um (des)arranjo em diversas escalas.

A agricultura é muito sensível aos impactos decorrentes da variabilidade climática, sobretudo das chuvas. Na região sul do Brasil, esses episódios são as principais causas da variabilidade dos rendimentos agrícolas (CARMONA e BERLATO, 2002).

Pesquisando a variabilidade das chuvas na bacia do rio Ivaí, localizada no estado do Paraná, Baldo (2006) considerou o fato da distribuição das chuvas, no

decorrer do ano, apresentar-se como de extrema importância para os mais diferentes segmentos econômicos, principalmente para aqueles voltados à agropecuária. A autora considera que é a partir do seu ritmo mensal e sazonal que essas atividades são programadas.

No caso das culturas anuais, Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002) expõem que a interceptação da chuva é dependente da espécie e do estágio de desenvolvimento em que as plantas se encontram em relação à variabilidade tempo-espacial do período chuvoso.

No âmbito do risco, toda atividade humana possui um nível de exposição às demais variáveis que compõem um ambiente. Assim, o risco está presente desde as indústrias, que produzem conforme necessidades do mercado interno e externo, por exemplo, quanto na agricultura. O risco é definido por Veyret (2007) como uma ameaça, um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal. Um “problema” num ambiente agrícola, como um período de seca ou de estiagem prolongada, pode deteriorar a produção alimentar e degradar o tecido social. A autora define que o risco natural e os riscos decorrentes de processos naturais são agravados pela atividade humana e pela ocupação do território.

Azambuja (1996) alerta para o fato de que, sendo a agricultura uma atividade de risco, ela está fortemente sujeita aos efeitos do tempo e do clima. A questão do risco no setor agrícola está associada, sobretudo, às possíveis perdas ou diminuições de produção/produtividade, resultante, principalmente, da variação dos padrões de precipitação e temperatura em fases fenológicas das culturas.

Assim, a agricultura é considerada uma atividade de risco, já que seu desenvolvimento segue, em sua grande parte, as flutuações do tempo atmosférico. Numa relação indissociável estão outros ramos da logística por trás da atividade agrícola, como o comércio e as indústrias. Com isso, os investimentos para amenizar tais riscos são expressivos.

Essa questão foi tratada por Fraisse (2011), ao representar, dentre seus estudos comparativos entre variabilidade e produção agrícola, o organograma que segue abaixo (FIG. 3), adaptado por Carmello *et al.* (2013).

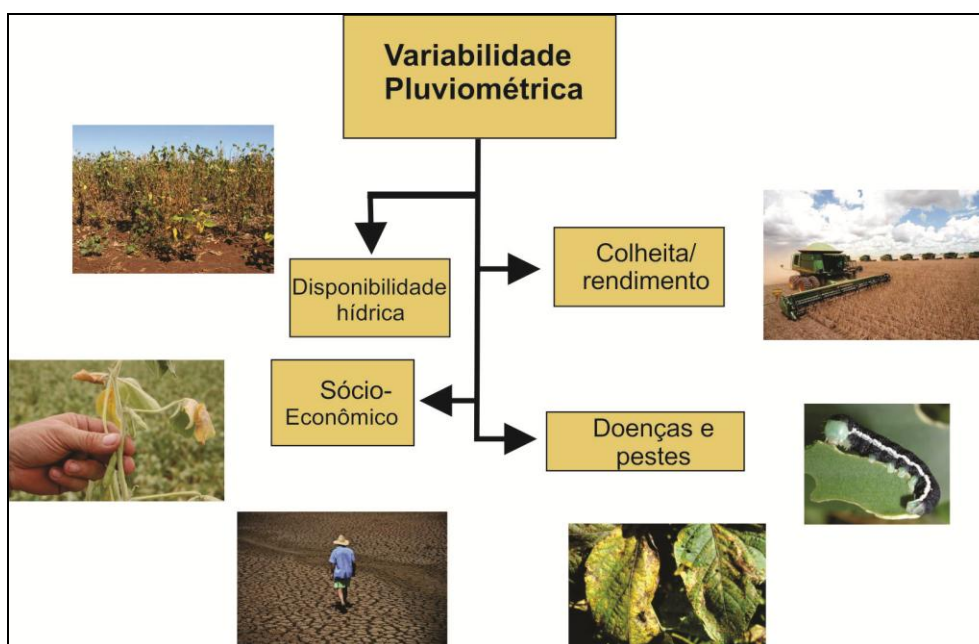


Figura 3: variabilidade climática e o risco agrícola. Fonte: Fraisse (2011) adaptada por Carmello (2013).

Fonte: Carmello *et. al.* (2013)

O risco à estiagem, no contexto da agricultura, decorre principalmente da disponibilidade hídrica, interferindo diretamente nos resultados da colheita, observados por meio do rendimento. Diferenças no rendimento afetam negativamente o perfil socioeconômico de uma determinada área tanto no que se diz respeito à contração do mercado interno e externo, quanto à segurança alimentar e à geração de empregos e renda.

O risco agrícola está, conforme Veyret (2007), relacionado ao risco natural, definido como aquele que é percebido e suportado por um grupo social ou um indivíduo sujeito à ação possível de um processo físico tanto no campo, quanto na cidade, por exemplo. Ayoade (1983), por sua parte, argumenta que a produção agrícola também sofre quebras periódicas provocadas por pestes e doenças, as quais são geralmente afetadas pelas variabilidades climáticas.

Para concluir, é imprescindível refletir sobre as implicações da variabilidade das chuvas no desenvolvimento agrícola e na questão do risco, pois o que pode ser considerado favorável em um determinado período poderá ser um problema de grandeza imensurável em outro.

Os mecanismos atmosféricos por trás da configuração das chuvas são fatores determinantes para que se obtenha uma boa ou má distribuição da precipitação em um período de safra agrícola, intervindo diretamente na produtividade final, mesmo com os investimentos em políticas públicas para o desenvolvimento de técnicas favoráveis para minimizar tais efeitos.

Há diversos aspectos constituintes da atmosfera que movem e alteram o ritmo habitual junto à superfície terrestre. Tais características são inerentes aos estudos climatológicos e se fazem fundamentais em diversos parâmetros analíticos. Esses componentes da atmosfera criam trocas entre si e agem conjuntamente em escalas espaciais e temporais diferentes.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Notou-se a presença de 154 postos pluviométricos nos limites da vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema. Porém, os dados de precipitação foram coletados de 89 postos pluviométricos (FIG. 4).

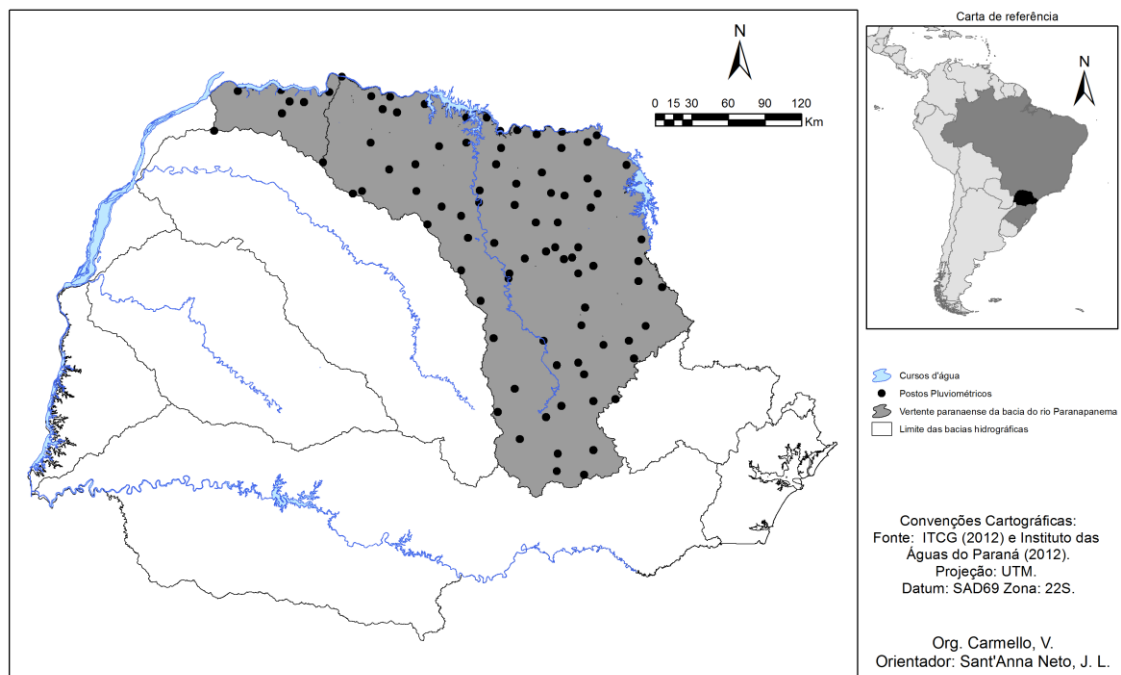


Figura 4: Distribuição e localização geográfica dos 89 postos pluviométricos.
Fonte: Carmello (2013)

Essas informações fazem parte da rede de postos pluviométricos do Instituto das Águas do Paraná (2012) e foram cedidos no formato texto e na escala diária.

Como critério de escolha dos postos, foram coletados os dados apenas dos postos pluviométricos cujas séries históricas se mostraram rematadas, excluindo os postos pluviométricos que apresentam falhas.

Para representar os dados na escala anual (referente ao ano agrícola de outubro até abril) utilizou-se do Microsoft EXCEL®2010. Esse período temporal foi determinado seguindo o calendário agrícola e os períodos fenológicos da cultura da soja definidos por Almeida (2005).

O teste de Mann-Kendall foi aplicado para determinar se uma tendência é significativamente identificável em uma série de tempo, incluindo, eventualmente, um componente sazonal (DEBORTOLI *et al.*, 2012, tradução nossa).

Esse teste é um resultado da união de um teste não paramétrico, inicialmente estudado por Mann, e depois retomado por Kendall. O teste de Mann-Kendall se baseia na hipótese nula ou H_0 que não existe uma tendência na série e em mais três hipóteses alternativas, sendo elas: tendência negativa, tendência zero e tendência positiva (LIBISELLER E GRIMVALL, 2002; DEBORTOLI *et al.*, 2012).

Gossens e Berger (1986) afirmam que esse teste é mais apropriado para análises de tendências climáticas. Para Moraes *et al.* (1995), o teste considera que uma série temporal de X_i de N termos ($1 \leq i \leq N$) consiste na soma t_n do número de termos m_i da série, relativo ao valor X_i , cujos termos precedentes ($j < i$) são inferiores ao mesmo ($X_j < X_i$), isto é:

$$t_n = \sum_{i=1}^n m_i$$

Equação 1 – Teste de Mann-Kendall

A significância estatística é testada a partir de t_n para a hipótese nula usando um teste bilateral, esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística $u(t)$, dada por:

$$u(t) = \frac{(t_n - E(t_n))}{\sqrt{Var(t_n)}}$$

Equação 2 – Teste bilateral

A determinação dos anos agrícolas padrões foi realizada considerando toda a série histórica por meio da classificação proposta por Sant'Anna Neto (1995), em que se dividem os dados em habituais, extremamente chuvosos, chuvosos, secos e extremamente secos. Para tal feito optou-se pela técnica dos Quantis.

Essa técnica consiste em dar o valor 1 ao ano com a menor precipitação e o valor m (número de anos da série) para o ano com a maior precipitação. Em seguida, esses valores são normalizados por m, obtendo-se, desta forma, uma série com valores entre 0 e 1 (MEISNER, 1976). Sua função é representada por:

$$\text{Prob} \{ F(x) \leq Q(p) \} = p .$$

Equação 3 – Teste do quantis

Em que P é uma ordem quântica (probabilidade); F(x) é a função de distribuição da variável aleatória X em causa de um quantil Q(p) desta variável. Assim, um quantil na cauda superior (máximos) será aquele com valores próximos a $p = 1$, enquanto que os quantis na cauda inferior (valores mínimos) apresentarão valores próximos de $p = 0$. Foram convertidas em percentis de ordem e os quantis (q) 10, 35, 65 e 90 foram utilizados para delimitar os seguintes limiares:

Anos de padrão Extremamente Seco (ES) foram aqueles que ficaram abaixo do quantil 10;
 Anos de padrão Seco (S) entre os quantis 10 e 35;
 Anos de padrão Habitual (H) ficaram entre os quantis 35 e 65;
 Anos de padrão Chuvoso (C) entre os quantis 65 e 90;
 Anos de padrão Extremamente Chuvoso (EC) com valores acima do quantil 90.

Quadro 1: Limiares utilizados para determinar os períodos extremamente secos, secos, habituais, chuvosos e extremamente chuvosos.

Segundo Silvestre *et al.*, (2013) para fins de classificação em climatologia é bastante comum o uso de cinco classes diferentes (FIG. 5):

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L.
**VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA DO RIO
 PARANAPANEMA - 1999-2000 A 2009-2010**

MS	S	N	C	MC
15%	20%	30%	20%	15%
Min	P15	P35	P65	P85
				Max

Figura 5: Ilustração da divisão de ano-padrão em 5 classes usando a técnica dos quantis.
 Fonte: Silvestre *et al.*, (2013)

Foram considerados episódios extremos os dados cujos limiares ficaram abaixo do quantil 10 e acima do quantil 90. A classificação com valores foi processada em todos os postos pluviométricos separadamente pela ferramenta de “Formatação Condicional” no *Windows Office Excel®* (NASCIMENTO JÚNIOR, 2013).

Essas faixas de chuva foram distribuídas em um painel que representa a variação temporal dos fenômenos climáticos num eixo espacial, tornando possível a visualização de diferentes feições da pluviosidade (SANT'ANNA NETO, 1990).

3.1. Os dados de produção de soja

Os dados de produção e de área plantada foram disponibilizados pela SEAB (Secretaria Estadual da Agricultura e do Abastecimento, Secretaria Londrina) e também correspondem ao período de 1999-2010. Os valores de rendimento para cada município são definidos simplesmente pela divisão entre a quantidade produzida e área destinada à cultura. Estas informações foram processadas e representadas pelo gráfico *Box plot*.

Este tipo de gráfico (FIG. 6), ou diagrama de caixa, é bastante conhecido na área de Estatística, e a maioria dos softwares estatísticos apresenta este gráfico. Para construí-lo, os dados devem ser ordenados, do menor para o maior valor, e devem ser calculadas estatísticas resumo conhecidas como quartis, que dividem o conjunto de dados em quatro partes, sendo o primeiro quartil (Q1) para o qual 25% das observações situam-se iguais ou abaixo de seu valor, o segundo quartil (Q2), também conhecido por mediana para a qual 50% das observações são iguais ou situam-se abaixo dela, e o terceiro quartil (Q3), que separa 75% das observações iguais ou abaixo de seu valor (SILVESTRE *et al.*, 2013).

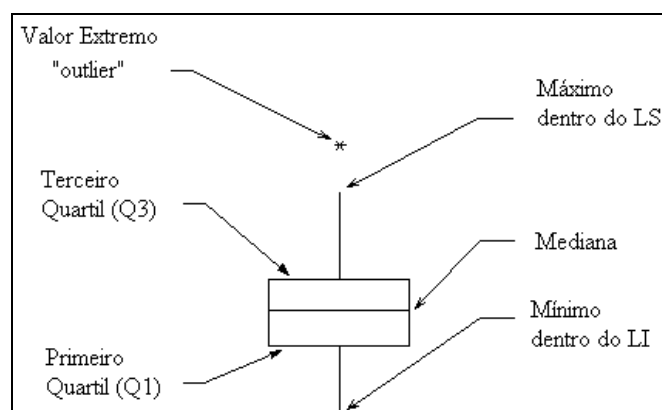


Figura 6: Esquema de um gráfico *Box Plot*.

Fonte: Silvestre et al., (2013)

A linha desenhada no centro do retângulo representa o valor da mediana, a linha inferior do retângulo o primeiro quartil (Q1), e linha no topo o terceiro quartil (Q3). A partir do terceiro quartil, é apresentada uma linha que se estende até o maior valor observado para variável, desde que este não exceda o limite superior, $LS = Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$. Abaixo do primeiro quartil, há outra linha que se estende até o menor valor observado da variável, desde que este não exceda o limite inferior $LI = Q1 - 1,5(Q3 - Q1)$. Os asteriscos representam casos na amostra considerados valores extremos também chamados anômalos/outliers, os quais excedem os limites inferior ou superior (SILVESTRE *et al.*, 2013).

4. ANÁLISE DA TENDÊNCIA DOS TOTAIS ANUAIS DE CHUVA E A VARIABILIDADE DAS CHUVAS ENTRE ANOS AGRÍCOLAS E OS PERÍODOS PADRÃO

Dos 89 postos pluviométricos que foram analisados, 13 mostraram tendência de aumento da precipitação (1999-2010), representando 14% do total de postos (FIG. 7).

A maioria das estações com resultados estatisticamente significativos estão no centro e no norte da bacia. Para Mendonça (2000), o estado do Paraná possui um caráter que pode ser definido como zona de transição climática, onde áreas de características tropicais destacam-se ao norte e subtropicais em direção à região central e sul do estado do Paraná. Devido à posição meridional do Paraná em

relação ao país, há influência tanto das massas de ar quentes vindas da Amazônia, quanto das massas polares frias e secas vindas do sul.

A tendência positiva é mais acentuada na área onde há predominância das características climáticas tropicais – temperaturas elevadas, com estações chuvosas (verão) e secas (inverno) bem definidas. No norte do estado ocorre uma redução dos totais de chuva no período de inverno, como característica da transição entre a zona tropical e subtropical (MENDONÇA, 2000; ALMEIDA, 2005).

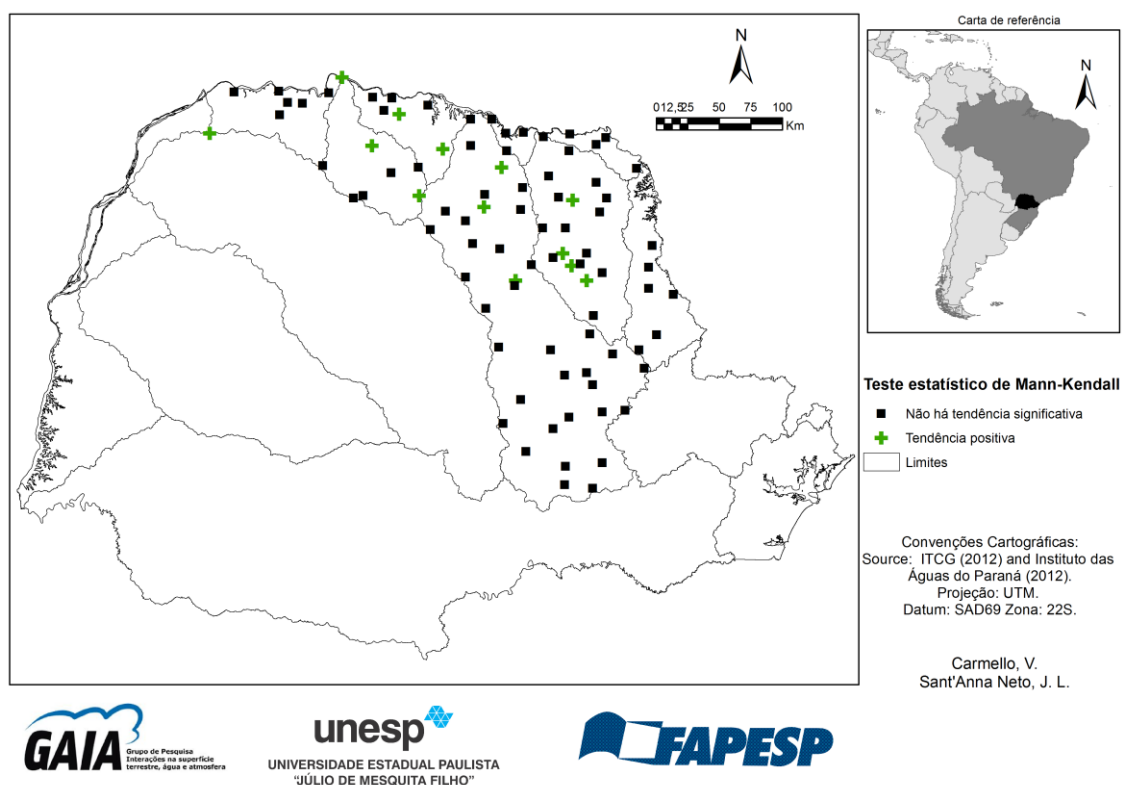


Figura 7: Postos com resultados significativos (tendência positiva): Amorinha, Arapongas, Caratuva, Centenário do Sul, Fazenda Erechim, Fazenda Santa Laura, Jardim Olinda, Jundiá do Sul, Lajeado Liso, Prata, Santa Fé, Urai e Volta Grande.
Fonte: Carmello (2013).

4.1. Variabilidade interanual das chuvas

Quanto à variabilidade interanual dos totais de precipitação, os Quadros 2 e 3 e a Figura 8 mostram resultados que desvelam variações dos padrões de precipitação. Em especial no Quadro 2, os anos agrícolas da soja estão representados anualmente (em colunas), assim como os postos pluviométricos

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L.

(classes em linha por grau latitudinal). É notável um padrão seco nos três primeiros anos da série, sobretudo nos postos pluviométricos localizados nas latitudes mais baixas. Percebe-se que há um padrão com dados que variam entre o habitual e o chuvoso no período de 2004-2005 a 2007-2008.

[illegible]

Quadro 2: Variabilidade dos anos agrícolas padrão – 1999-2000 até 2009-2010.

Fonte: Carmello, Sant'Anna Neto e Dubreuil (2014); Carmello e Sant'Anna Neto (2014).

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L.
**VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA DO RIO
 PARANAPANEMA - 1999-2000 A 2009-2010**

Em 2002-2003 percebe-se um padrão chuvoso, em que 59 postos pluviométricos registraram maiores valores de chuva. Em 2003-2004, principalmente nas latitudes mais baixas, há o predomínio de dados com valores indicando um padrão seco ou muito seco. O ano de 2009-2010 foi o mais chuvoso da série histórica, no qual 88 de 89 postos pluviométricos registraram valores extremamente úmidos.

Os anos mais secos foram: 1999-2000 (35% de postos que registram um padrão seco e 46% de extremamente seco), 2003-2004 (33% seco e 17% extremamente seco) e 2008-2009 (48% seco e 11% extremamente seco).

Os anos mais úmidos foram: 2002-2003 (59 postos pluviométricos ou 66% deles com registros de dados indicando um padrão chuvoso), 2006-2007 (9% extremamente chuvosos e 51% chuvosos) e 2009-2010, no qual 88 praticamente 100% dos 89 postos analisados mostraram um padrão chuvoso ou extremamente chuvoso (QUADRO 3 e FIG. 8).

	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
Ext. Seco	32	7	6	1	26	1	7	0	1	17	0
Seco	42	24	37	1	30	16	32	5	12	46	0
Habitual	14	31	37	17	23	41	37	29	41	21	1
Chuvoso	1	23	8	59	9	28	12	45	30	5	24
Ext. Chuvoso	0	4	1	11	1	3	1	8	5	0	64

Quadro 3: Quantificação das aferições por posto pluviométrico
 Org.: Carmello *et al.*, (2013)

CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L.
**VARIABILIDADE DAS CHUVAS NA VERTENTE PARANAENSE DA BACIA DO RIO
 PARANAPANEMA - 1999-2000 A 2009-2010**

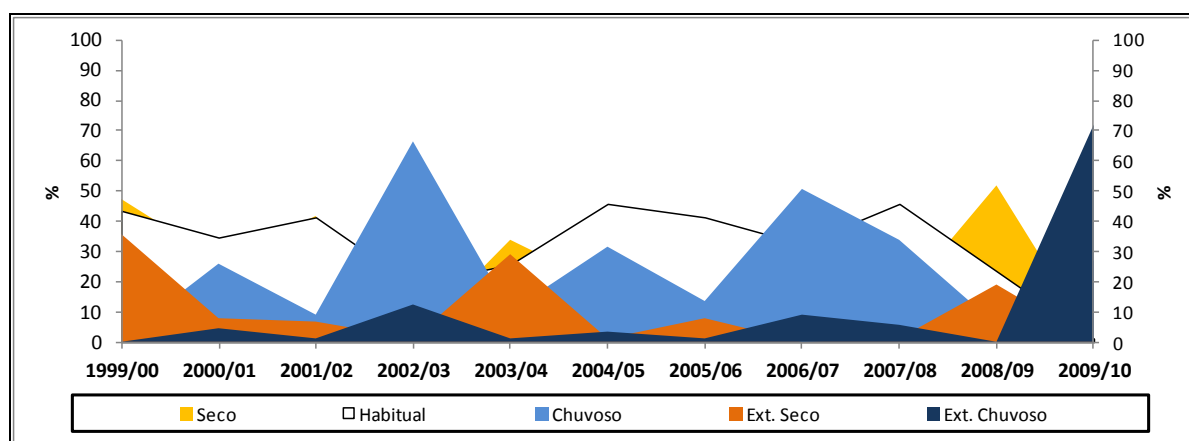


Figura 8: Percentual de aferições por posto pluviométrico. Org.: Carmello (2013).
 Fonte: Carmello e Sant'Anna Neto (2014).

4.2. Exemplo de impacto no território agrícola: análise da variabilidade interanual da produtividade da soja

A variabilidade anual das chuvas acarreta na agricultura descompassos nos valores totais de produtividade. Um exemplo desse descompasso em valores finais de produtividade de soja está representado na Figura 9. Nesta figura consta a variação da produtividade da soja para todos os 132 municípios localizados na vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema (CARMELLO *et al.* 2014; CARMELLO *et al.*, 2013; CARMELLO, 2013).

A vantagem do *Box Plot* é fornecer uma visualização rápida da distribuição dos dados de produtividade, e se a distribuição é simétrica, a caixa encontra-se equilibrada com a mediana se posicionando no centro da mesma. Já para distribuições assimétricas, há um desequilíbrio na caixa, com relação à mediana (SILVESTRE *et al.*, 2013).

Observou-se que, em média, os anos em que a produtividade da soja é considerada favorável pela pouca variabilidade das chuvas, são: 2009-2010, 2006-2007 e 2002-2003. O ano de 2009-2010 foi um ano excepcional em termos de rendimento e baixa variação entre a maioria dos municípios. Observa-se na Figura 8 que a caixa referente ao ano de 2009-2010 esta equilibrada, com a mediana posicionada no centro da mesma e com pouca distancia entre o primeiro e terceiro

quantil, indicando baixa variação entre os municípios. Esse ano também apresentou chuvas fortes em todo o estado do Paraná.

Em contraste, os anos com padrões secos são os mesmos em que a produtividade da soja foi menor, é o caso de 1999-2000 e de 2008-2009. A caixa referente ao ano de 1999-2000 esta equilibrada, com a mediana posicionada no centro da mesma, porém, a distância entre o primeiro e o terceiro quantil é marcada.

Esta variação está relacionada tanto às condições meteorológicas, quanto aos fatores socioestruturais (intensificação da produção, área destinada à soja, tipo de imóvel, manejo, técnica, etc). Já que, mesmo durante períodos com padrão seco de precipitação, alguns municípios mantêm a produtividade alta e superiores a outros que apresentam baixas, indicando maior vulnerabilidade ao risco da estiagem.

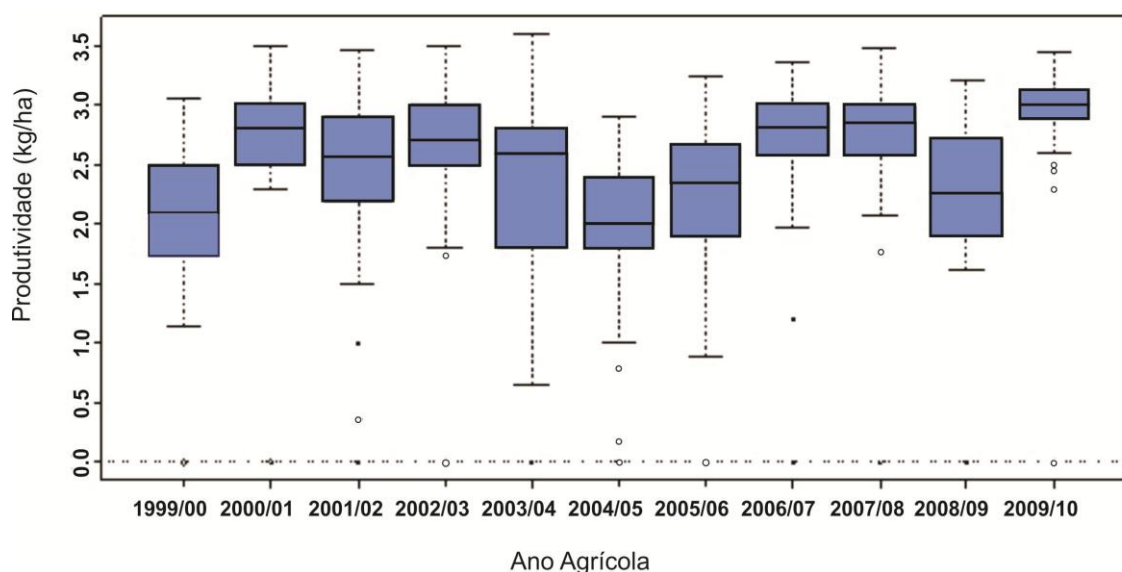


Figura 9: Variação da produtividade (kg/ha) na vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema entre os anos agrícolas de 1999-2000 até 2009-2010.

Fonte: Carmello (2013); Carmello *et al.*, (2013)

Apesar da safra de 1999-2000 ter sido um período com baixos registros pluviométricos, existem municípios que mantiveram a produtividade acima dos 3.000 kg/ha e outros com pouco mais de 1.000 kg/ha. Essa relação contraditória está diretamente associada ao perfil agrícola regional e municipal, onde há municípios

que conduzem as atividades no campo independente dos padrões pluviométricos em contrapartida daqueles cuja dependência ainda é expressiva (CARMELLO, 2013).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto melhor o conhecimento a respeito das condições climáticas de uma determinada área, mais precisas e eficazes serão as formas de conduzir a atividades agrícolas e os investimentos, visando melhorias nas formas de manejo.

Os 13 postos pluviométricos que apresentaram tendência estatisticamente positiva de aumento das chuvas localizam-se na porção central e norte da bacia, onde há predominância das características tropicais, considerando, sobretudo, que o estado do Paraná localiza-se em uma região de transição climática entre o “mundo” tropical e subtropical.

Conclui-se que esses resultados, somados ao fato do período estudado constituir os meses correspondentes à safra de soja, possam contribuir para uma nova interpretação das características climáticas desta região, como contribuição à definição e elaboração do calendário agrícola e do zoneamento agroclimático.

Este estudo permitiu mostrar a variabilidade anual das chuvas em período de plantio da soja no Paraná, com destaque para o ano agrícola de 1999–2000, considerado um ano seco, em contrapartida ao ano agrícola chuvoso de 2009–2010. Com efeito, os valores de produtividade também apresentaram variações em resposta aos registros pluviométricos de cada ano analisado.

6. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pelo financiamento (Processo: 2011/03087-4).

Ao Grupo de Pesquisa Interações na superfície, água e atmosfera - GAIA da UNESP/Presidente Prudente.

À colega e professora Miriam Rodrigues Silvestre. Aos colegas Lindberg Nascimento Júnior e Raphael Fernando Diniz pela leitura atenta.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, I. R. de. **O clima como fator de expansão da cultura da soja no Centro Oeste**. Presidente Prudente. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2005.
- AYOADE, J. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Ed. Bertrand. 1983.
- AZAMBUJA, J. M. V. de. **O solo e o clima na produtividade agrícola**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1996.
- BALDO, M. C.. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do Rio Ivaí – PR**. Tese (Doutorado em geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2006.
- CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Données pluviométriques acquises par télédétection et années agricoles caractéristiques. In: Dubreuil V., De Mello-Théry. Environnement et Géomatique : approches comparées France-Brésil. **Actes du colloque**, Rennes, France. 502 p. 2014.
- CARMELLO, V., SANT'ANNA NETO, J. L., DUBREUIL, V. Variabilité des précipitations et rendements du soja en région de climat de transition. In : COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE, XXVIIIE, Dijon: 279 -284. 2014.
- CARMELLO, V. **Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do rio Paranapanema**. Dissertação (Mestrado em geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia – UNESP. Presidente Prudente. 2013.
- CARMELLO, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. **Análise da variabilidade das chuvas e sua relação com a produtividade da soja na vertente paranaense da bacia do Paranapanema**. Relatório de pesquisa (Relatório final de pesquisa - FAPESP) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente. 2013.

CARMELLO, V.; SILVESTRE, M. R.; DUBREUIL, V.; SANT'ANNA NETO, J. L. Chuva, Soja e Risco Agrícola na Vertente Sul da Bacia do Rio Paranapanema Paraná. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, XV, Vitória: 289-297. 2013.

CARMONA, L. de C.; BERLATO, M. A. El Niño e La Niña e o rendimento do arroz irrigado no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.147-152, 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. Implicações ambientais e econômicas relacionadas com a variabilidade e mudanças climáticas. In: **SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, III, 1989, Nova Friburgo, Nova Friburgo: Anais, 1989.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, p.70-75, 2005.

DEBORTOLI, N.; DUBREUIL, V.; HENKE, C.; RODRIGUES FILHO, S. Tendances e ruptures des séries pluviométriques dans La région méridionale de l'Amazonie brésilienne. In: **COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE**, XXV, Grenoble 2012.

FARIAS, J. R. B. **Aprimoramento Tecnológico para Redução de Perdas de Soja por Seca em Sistemas Agrícolas Sustentáveis**. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. 2008

FARIAS, J. R. B; ASSAD, E. D; EVANGELISTA, R. S. M.; MARIN, F. R. **Avanços tecnológicos para monitoramento do zoneamento agrícola**. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. 2006.

FARIAS, J. R. B.; ASSAD, E. D.; ALMEIDA, I. R.; EVANGELISTA, B. A.; LAZAROTTO, C.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L. Caracterização de risco climático nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.2, 2001.

FRAISSE, C. **Decision support system (DSS) for risk reduction in agriculture phase II: soybean DSS for Eastern Paraguay and Rio Grande do Sul (SGP-HD014)**. In: INTER-AMERICAN INSTITUTE FOR GLOBAL CHANGE RESEARCH, I, Miami: Anais, 2010.

FRAISSE, C. Reducing Risks in Agriculture: Adaptation to Seasonal Climate Variability. In: **CAMI - PEST AND DISEASE MODELING**, I, Barbados: Anais, 2011.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v.4, n.B4, p. 385 - 400, 1986.

LIBISELLER, C.; GRIMVALL, A. Performance of partial Mann–Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. **Environmetrics Journal**, Linköping, v. 13, p. 71 - 84, 2002.

MEISNER, B. A study of Hawaiian and line Island rainfall. **Jornal UHMET**, Honolulu, p. 86, 1976.

MENDONÇA, F. Tipologia climática – Gênese, características e tendência. In: STIPP, Nilza (Org.). **Macrozoneamento da bacia hidrográfica do rio Tibagi**. Londrina: Editora UEL, 2000.

MORAIS, J. M.; PELLEGRINO, G.; BALLESTER, M. V. MARTINELLI, L. VICTORIA, R. L. Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: **Simpósio de recursos hídricos e II simpósio de hidráulica e recursos hídricos dos países de língua oficial portuguesa**, XI, Recife: Anais. p. 27-32. 1995.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, Teleconexões e Impactos de Eventos Extremos**. 2013. Dissertação (Mestrado em geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia – UNESP. Presidente Prudente. 2013.

NUNES, L. H.; LOMBARDO, M. **A questão da variabilidade climática: Uma reflexão crítica**. São Paulo: Instituto Geológico, 1955. Disponível em: http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/16_1-2_2.pdf. Acesso: 20 de maio de 2012.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíra: Editora Contexto, 2002.

ROLIM, G. de S. Agrometeorologia, Mudanças Climáticas e os impactos na citricultura. In: **SIMPÓSIO DE CITRICULTURA IRRIGADA**, VI, Bebedouro: Anais, p. 1 – 57. 2008.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1990.

SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas.** Maringá: Editora Eduem, 2000.

SILVESTRE, M. R; SANT'ANNA NETO, J. L; FLORES, E. F. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 2 n.20, p. 23-53, 2013.

VEYRET, Y. **Os riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente.** São Paulo: Editora Contexto, 2007.